أثر التقلبات المناخية
في الإنتاج الزراعي الليبي

د. مفيدة أبوعجيلة بلّق
جامعة الزاوية / كلية الآداب بزواره

مقدمة

يعد المناخ بعناصره المختلفة من أهم العوامل الطبيعية المؤثرة في الزراعة والتي تحدد مدى نجاحها وفشلها، فعناصر المناخ الرئيسة الضوء والحرارة والرطوبة والأمطار والرياح والتبخر تلعب دوراً هاماً في تحديد أنواع الزراعات بحسب الأقاليم المناخية، ويتطلب النبات لنموه حدوداً ملائمة من هذه العناصر في بيئته المحلية التي ينمو فيها وإلا فزراعة هذا المحصول تكون غير مجدية، فقد مكنت عملية الاستزراع أو ما يعرف بالهندسة الوراثية من إيجاد بعض الأنواع النباتية التي لها مجال أوسع من النوع الأصلي كحال محاصيل القمح والشعير والذرة التي نجحت زراعتها في خارج بيئتها الأصلية.

وتعد الزراعة من أهم الأنشطة الاقتصادية في ليبيا وأكثرها تأثراً بالظروف المناخية، ويعد تقييم العلاقة بين المناخ والزراعة من أهم الدراسات الجغرافية التطبيقية، فاعتمادا على النتائج المستخلصة من هذه العلاقة يمكن تحديد المسار الأنسب لخطط التنمية الزراعية التي تمثل جانباً أساسياً ومهماً في خطط التنمية الاقتصادية على المستويات المحلية والوطنية.

وتتمثل مشكلة البحث في أثر التقلبات المناخية في أنواع المحاصيل الزراعية في ليبيا، ومن أهم الفروض المحتملة أن الزراعة بليبيا تتأثر بالتقلبات المناخية

والمتمثلة في الجفاف والصقيع والقبلي، وسنحاول في هذا البحث تفسير الأخطار التي قد تتعرض لها المحاصيل الزراعية نتيجة لحدوث هذه الظواهر المناخية المعروفة بخطورتها على الزراعة والتي قد تحدث لمدة قصيرة خلال يوم واحد أو يستمر أثرها لعدة أيام خلال موسم نمو المحاصيل.

تعد الأمطار في ليبيا مصدراً الرطوبة للنبات سواء بطريق مباشر (زراعة مطرية) أو غير مباشر (زراعة مروية) لأنها مصدر المياه الجوفية ولا توجد في ليبيا مصادر للماء من خارجها، وتعتبر كميات الأمطار وتوزيعها الفصلي من أهم العوامل المحددة لمساحة وإنتاج المحاصيل الزراعية في ليبيا وإِنّ نقص الأمطار أو حدوث فترات جفاف طويلة خلال الموسم يؤدي إلى انخفاض الإنتاج.

ويعد الصقيع ضارا بجميع المحاصيل المزروعة حتى التي تتحمل البرودة الشديدة، فانخفاض درجة الحرارة إلى مادون الصفر المئوي يسبب تكون الثلج في المسافات الموجودة بين الخلايا فيخرج الماء من الخلايا ويتجمد خارجها، ويتكون الثلج في الخلايا نفسها حيث يدخل في البروتوبلازم، وهذا يؤدي إلى تقطع الأغشية البروتوبلازمية أو انكماشها بسرعة فتموت الخلايا، لسرعة دخول الماء إلى البروتوبلازم عند ارتفاع درجة الحرارة وذوبان الماء المتجمد مما يسبب انتفاخ البروتوبلازم بسرعة كبيرة يؤدي إلى قتل الخلايا.

و يعد المناخ العامل الأول المؤثر في ذبذبة الإنتاج من سنة إلى أخرى، وتلعب التقلبات المناخية دورا كبيرا في التأثير على الإنتاج الزراعي، ولها أثرها المباشر في إلحاق الضرر بالمحاصيل الزراعية، ومن أهم الظاهرات المناخية الضارة بالمحاصيل الزراعية في ليبيا الجفاف والصقيع ورياح القبلي.

أولاً: الجفاف

الجفاف ظاهرة تسود المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعتمد فيها الزراعة على الأمطار، ويعرف الجفاف بأنه فترة زمنية لا تسقط فيها كمية تذكر من المطر، ومعنى ذلك نقص في رطوبة التربة المتاحة بدرجة تحد من نمو النبات، ويزيد من خطورة الجفاف ارتفاع درجة حرارة الجو أو انخفاض الرطوبة النسبية أو الرياح الجافة التي تساعد على زيادة فقد الماء[1]، وأهم ما يميز المناخ الجاف هو أن طاقة التبخر والنتح من التربة ومن الغطاء النباتي تفوق الكمية المتاحة من الأمطار، وفي هذه الحالة التي تقل فيها كمية المياه عن الحد اللازم يقال أن هناك عجزاً في كمية المياه أو أن ناتج عملية المقارنة بين المياه المتاحة والمياه اللازمة هي بالسالب، وتسود في هذه المناطق حالة من الجفاف، ويمكن تصنيف الجفاف الذي يصيب المحاصيل الزراعية إلى:

1 ـ الجفاف الناتج من تدني درجة الحرارة وتحدث هذه الظاهرة في فصل الشتاء وأوائل الربيع، وتنتج الإصابة في مثل هذه الظروف بسبب جفاف الأنسجة، إذ غالباً ما تعمل على تمزق الجذور في أطوارها المختلفة، وتنتج عندما يزداد معدل النتح عن معدل امتصاص الماء من التربة وذلك للانخفاض النسبي في درجة حرارة التربة أو تمزق الجذور نتيجة لتخلخل سطح التربة أثناء تكوّن الصقيع.

2 ـ الجفاف الناتج عن الارتفاع الشديد في درجة الحرارة، والتي تؤدي إلى زيادة عملية التبخر وعملية النتح للنبات، بحيث لا يستطيع النبات تعويض المياه منه بالنتح، لذا تجف أوراقه، و يلحق الضرر بالنبات كله[2]، ولنجاح زراعة أي نبات يستوجب توفير الحد الأدنى اللازم له من الرطوبة، وأن إنتاجية المحصول تزداد بتوفر الرطوبة إلى حد معين تبدأ بعدها في التناقص.

ويعتبر الماء من أهم العناصر الأساسية المحددة للتوسع الرأسي والأفقي في إنتاج المحاصيل بمختلف أنواعها نظراً لأنه مكوّن أساسي لأنسجة النبات الحية، كما أنه يقوم بإذابة العناصر الغذائية ونقلها من مكان إلى آخر في التربة وكذلك من التربة إلى داخل النبات عن طريق المجموع الجذري، وإن الزيادة المفرطة أو النقص الحاد في الماء سوف يؤثر في كفاءة المجموع الجذري في أن يقوم بوظيفته، الأمر الذي ينتج عنه ضرر في الأجزاء الواقعة فوق سطح التربة، ويمد الماء النبات بعنصر الهيدروجين فضلاً على ما يقوم به الماء من دور هام في جميع العمليات الكيميائية والطبيعية والحيوية في التربة والتي يكون لها تأثيرات غير مباشرة على نمو وإنتاج المحاصيل الزراعية. هذا بالإضافة إلى أن الماء ضروري لحفظ خلايا النبات في حالة امتلاء مما يتيح الفرصة لبقاء الخلايا الحارسة في الأوراق مفتوحة ويسمح بانتشار غاز ثاني أكسيد الكربون خلال أنسجة النبات للمساهمة في عملية البناء الضوئي، و يساعد على فقد الماء بالنتح والتبخير فتنخفض درجة حرارة الأنسجة وتتكيف مع الوسط المحيط(3).

ويعد الجفاف أحد العوامل المؤثرة على نمو وإنتاج المحاصيل في ليبيا، ويسبب نقص الماء في المحاصيل أعراضاً مختلفة تعتمد على مدة هذا النقص واستمراره، وتسهم درجات الحرارة العالية أيضاً في مقدار الضرر، حيث تظهر أعراض رطوبة النبات غير الكافية في البداية على هيئة بقع ميتة على حواف الأوراق وبين العروق، فتتقدم ناحية العروق كلما استمر النقص، وقد يتبع ذلك الموت الرجعي للأفرع الحديثة النمو والأغصان(4)، ويؤدي تعرض المحاصيل الزراعية لنقص في رطوبة التربة إلى تغييرات مورفولوجية وتشريحية وفسيولوجية في النبات، كما يؤثر في نمو النبات وغلاله تبعاً لدرجة الجفاف وميعاد حدوثه.

أ- التغيرات المورفولوجية والتشريحية وتشمل ما يلي:

- صغر حجم الخلايا وزيادة سمك جدرها وزيادة ترسب الكيوتين على البشرة الخارجية للورقة.
- زيادة عدد الثغور على الأوراق.
- زيادة حجم الأنسجة الدعامية.
- زيادة وزن الجذور بالنسبة للمجموع الخضري.

ب ـ التغيرات الفسيولوجية:

- نقص معدل التنفس.
- زيادة معدل التمثيل الضوئي لفترة محدودة ثم نقصه بعد ذلك.
- زيادة تحلل النشا إلى سكر وزيادة تحلل البروتين إلى أحماض أمينية [(5)].

كما يؤدي نقص رطوبة التربة ضعف النبات وتعريض المحاصيل للإصابة بالأمراض والحشرات، وتغيير في عمليات الأيض الفسيولوجية والحيوية بالنبات، وتغيير البذور والأعلاف والألياف والزيوت وخصائص الإنتاج الأخرى، وإن الجفاف دائماً عامل مؤدي إلى تخفيض الإنتاج حتى إذا كان الضرر غير واضح.

وقد أشارت كثرٌ من الأبحاث والدراسات إلى التأثيرات المختلفة للإجهاد الرطوبي على إنتاج وإنتاجية المحاصيل الزراعية، فتأثير النقص الرطوبي على النمو يختلف باختلاف مرحلة النمو ودرجة الإجهاد المائي ونوع النبات، وأكثر الأنسجة تأثراً بالعطش هي الأنسجة المرسيتمية، ففي محاصيل الحبوب على سبيل المثال يكون العطش أكثر تأثيراً على النبات في مرحلتي استطالة الساق وتكوين الأزهار و الثمار نظراً لتأثر حبوب اللقاح، وإن محاصيل الحبوب يقل إنتاجها بنسبة 28٪ عند تعرضها للإجهاد الرطوبي من التفرع إلى التزهير، وعند تعرضها للإجهاد الرطوبي من الطرد إلى ملئ الحبوب يؤدي إلى نقص عدد الحبوب ووزنها، ويقل الإنتاج بنسبة

16٪ مقارنة بالمحصول غير المتعرض للإجهاد الرطوبي، وقد أثبتت بعض الدراسات التي أجريت على استجابة محصول القمح لظروف الجفاف في مراحل النمو المختلفة، أَنَّ عدد السنابل ووزنها يقل بمنع الري في كل من مراحل التزهير والطور العجيني أو مرحلة الاستطالة مع التزهير أو مرحلة تكوين السنابل مع الطور العجيني، وينخفض محصول الحبوب بمنع رية واحدة في كل من مرحلة التفرع أو الاستطالة أو تكوين السنابل أو التزهير أو الطور العجيني بنسب 18.7، 13.7، 9.7، 12.7، 11.11٪ على التوالي، ومن تلك النتائج أمكن التوصل إلى أن منع الري في أي مرحلة قبل التزهير كان لها تأثير ضار على المحصول[6].

وتتفاوت المحاصيل الزراعية في درجة ملاءمتها لظروف الجفاف، وربما وضح هذا الاختلاف بطريقة كلية من مقارنة الحد الأدنى لكمية الأمطار التي تزرع تحتها المحاصيل، فبالنسبة لمحاصيل الحبوب نلاحظ أن الشعير من أكثر المحاصيل التي تزرع في ليبيا مقاومةً للجفاف، ونلاحظ أيضاً أن محاصيل العلف عامة أكثر تحملاً للأمطار المحدودة من المحاصيل الحقلية الأخرى، كما أن المحاصيل العلفية المعمرة تتحمل الجفاف أكثر من بعض المحاصيل الحولية مثل البرسيم.

وعلى الرغم من ذلك لا يمكن أخذ الحدود المطرية كأساس لترتيب المحاصيل تبعاً لدرجة مقاومتها للجفاف دون أخذ موسم نمو المحصول في الاعتبار، حيث تتزايد درجة تحمل الجفاف لحد ما كلما قصر موسم نمو المحصول أو الصنف، وبعض المحاصيل تحوي أصنافاً تتفاوت بدرجة كبيرة في طول موسم نموها[7]، وإن كثيراً من المحاصيل التي توصف بأنها مقاومة للجفاف هي حقيقة تتفادى الجفاف أو تهرب منه نتيجة لقصر موسم نموها وتزامنه مع موسم المطر القصير، بحيث تنضج قبل حلول الجفاف، وينطبق هذا على الأنواع الحولية من نبات العلف التي يستغرق نمو بعضها 60 – 70يوماً من الزراعة إلى الحصاد، ومع ذلك فإن هذه الأنواع تتأثر بشدة عند تعرضها للجفاف أثناء النمو لأن جذورها سطحية لا

تتعمق بدرجة كافية لوصولها للتربة الرطبة، وتتكيف هذه النباتات نفسها مع الجفاف لفترة قصيرة، وذلك بتكوين خلايا ذات حجم صغير ينتج عنه تقزم في النبات وصغر في مساحة الأوراق المعرضة لعملية النتح.

والأمطار في ليبيا هي مصدر الرطوبة للنباتات سواء بطريق مباشر (زراعة مطرية) أو غير مباشر (زراعة مرورية)، لأنها مصدر المياه الجوفية والسطحية، ولا يوجد فيها مصادر للماء تأتي من خارجها، وإذا ما تعرفنا على حقيقة المصادر المائية من حيث الكمية والنوعية في أماكن تواجد التربة الملائمة للزراعة نسبياً لأدركنا أن الماء هو أهم العوامل المعيقة لنمو وإنتاج المحاصيل الزراعية، ولا يعتبر المطر بطريقة مباشرة من العوامل الجوية المهمة في تحديد أنواع المحاصيل المزروعة في المناطق التي تتوفر فيها مياه الري (الآبار) في حين أنه يعتبر ذو أهمية قصوى في المناطق التي تعتمد في زراعتها على المطر كمصدر وحيد للرطوبة في التربة، إذ أن كميات الأمطار السنوية وتوزعها الفصلي من أهم العوامل المحددة للمساحة والإنتاج، ونقص الأمطار أو حدوث فترات جفاف طويلة بعد نمو المحاصيل يؤدي إلى خفض غلة الهكتار في المناطق المرتفعة الأمطار، وإلى فشله في المناطق الهامشية ويترك لرعي الحيوانات، كما في المناطق الوسطى والغربية من الساحل الليبي.

ويتوقف سقوط المطر في إقليم ليبيا على الموسم الشتوي فقط، أما الموسم الصيفي فيمكن اعتباره موسماً جافاً، ينعدم فيه سقوط الأمطار، ومن ثم فإن الزراعة البعلية تقوم أساساً على المحاصيل الشتوية، وتعتبر محاصيل الحبوب (القمح والشعير) أكثر المحاصيل شيوعاً وانتشاراً، وقد يحصل في بعض السنوات أن تقل كمية المطر، بحيث لا تكفي لسد حاجة النباتات من الماء، مما يضطر كثير من المزارعين في بعض المناطق تعويض النقص في الماء بزيادة في عدد الريات، حيث يزيد عدد الريات كلما انخفض معدل المطر، وتعتمد زراعة القمح في المناطق الداخلية والجافة من البلاد على الري الدائم، حيث لا ينزل المطر بمقدار يذكر.

و تتعرض الأمطار في ليبيا بشكل عام إلى تذبذات كبيرة بالزيادة أو النقصان عن المعدل من سنة إلى أخرى، ومن خلال الجدول (1) يتبين أن هناك انحرافات كبيرة عن المتوسط العام للأمطار من سنة إلى أخرى. فعلى سبيل المثال كان مجموع المطر سنة 1970 في محطة طرابلس لا يزيد عن 98.4 ملم وهو بذلك ينحرف عن المعدل بحوالي 217.6ملم، وهذا التناقص في كميات الأمطار أدى بطبيعة الحال إلى فشل الزراعة البعلية وخاصة في المناطق التي لا تتوفر فيها آبار للري التكميلي، ومن ثم فشل زراعة القمح والشعير خلال تلك السنة، في حين بلغ مجموع المطر سنة 1938 حوالي 654.5 ملم، وتعتبر هذه الكمية أكبر كمية مطر سنوية سقطت على طرابلس خلال الفترة(1937–1990) وهذه الكمية تزيد عن المعدل العام بحوالي 338.5ملم، وبذلك فهي كافية لنجاح زراعة محاصيل القمح والشعير، وأعطت هذه المحاصيل إنتاجاً جيداً خلال تلك السنة، وإن هذا الانحراف في كمية المطر السنوية سلباً أو إيجاباً له ارتباط بمسببات الأمطار وهي المنخفضات الجوية التي لا تخضع لنظام ثابت من حيث مساراتها قريباً أو بعيداً عن خط الساحل، فعندما يكون الانحراف سالباً فهو نتيجة تغلب المؤثرات القارية المرتبطة بالضغط المرتفع دون المداري. أما الانحراف الإيجابي فيرتبط بتوالد الانخفاضات الجوية الممطرة وتغلبها على المؤثرات القارية، ويساعد على تقوية الأعاصير الممطرة فوق البحر المتوسط وجود فرع للتيارات النفاثة فوق البحر المتوسط وشمال أفريقيا، حيث يعمل على تفريغ عمود الهواء مما ينشط عملية التصاعد إلى أعلى، فيتكاثف بخار الماء الموجود بالهواء الصاعد، ويؤدي إلى سقوط الأمطار بغزارة في بعض الأحيان بالمناطق الساحلية[8].

و تتعرض المحاصيل الزراعية في ليبيا إلى فترات جفاف خطيرة، كما حصل في عام 2001 حيث انقطع المطر بالمنطقة الغربية من الساحل لفترة تزيد عن شهرين مما أدى إلى القضاء على معظم إنتاج محاصيل الحبوب البعلية وأهمها القمح والشعير، وعلى الرغم مما تلعبه قلة الأمطار في حدوث الجفاف وتحديد درجته إلا أنه لا يمكن

التعبير عنه بدقة من خلال عنصر المطر وحده، إذ يلعب عنصر الحرارة والرطوبة والرياح دوراً لا يمكن إغفاله.

إن أمطار ليبيا ليست قليلة في كميتها فحسب، بل هي شديدة التغير والتذبذب من سنة إلى أخرى عن المعدل العام. كما يلاحظ وجود تذبذب أو تبدلاً في مدى أطوال دوراتها واتجاهاتها مما يؤدي إلى تباين فترات الجفاف والهطول من سنة إلى أخرى، ومن خلال الأشكال (1، 2، 3) يتضح أن هناك تباين واضحاً في أطوال الدورات، ففي محطة زواره على سبيل المثال دامت دورة الجفاف الأولى 4سنوات من سنة 1945 إلى 1948، ودامت الدورة الثانية 4 سنوات أيضاً من سنة 1958 إلى 1961.

جدول (1) يوضح أكبر وأقل كمية مطر سنوية وانحرافها عن المعدل للفترة (1973-1990)

المحطة	أكبر كمية سنوية			أقل كمية سنوية		
	الكمية	السنة	الانحراف في المعدل	الكمية	السنة	الانحراف في المعدل
زوارة	453.6	1984	215.6	40.1	1981	197.9-
طرابلس	654.5	1938	338.5	98.4	1970	217.6-
مصراته	432.9	1957	144.9	77.1	1970	210.9-
سرت	429.5	1957	251.5	6.7	1951	171.3-
أجدابيا	287.1	1981	145.1	25	1958	117-
بنغازي	464.8	1978	197.8	105.2	1958	359.6
درنة	479.4	1957	215.4	124.4	1951	139.6-
شحات	963.4	1954	379.4	283.7	1958	300.3-

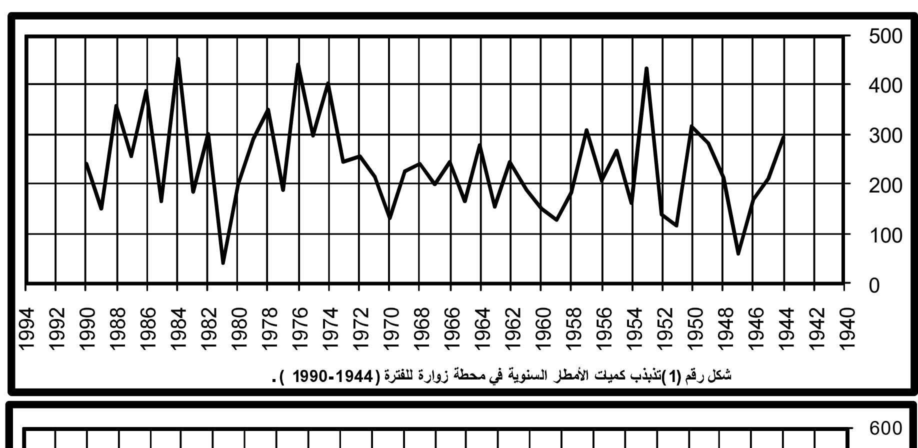
المصدر: إدارة المناخ والأرصاد الزراعية، طرابلس، بيانات غير منشورة، حسابات الباحثة.

وأما الدورة الثالثة فقد دامت سنتين وهما 1980، 1981، أما بالنسبة للدورات المطيرة فإن أفضل دورة مطيرة حدثت خلال هذه الفترة دامت 5 سنوات من

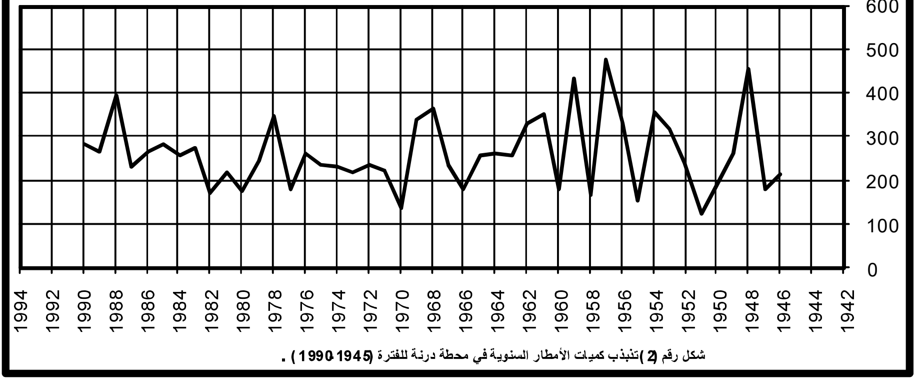
سنة 1973 إلى 1977، وهذا التباين في أطول الدورات يقلل من أهميتها كوسيلة لإجراء تنبؤات مستقبلية طويلة الأمد [9]، وإن وجود تبدلات قصيرة نحو الزيادة حيناً ونحو التناقص حيناً آخر، لا تؤثر في المعدل العام للأمطار، وينعكس هذا التغير في كميات الأمطار السنوية بشكل مباشر على الإنتاج الزراعي،كما يجب أن لا نغفل أثر العوامل الأخرى في تحديد كمية الإنتاج، فالعوامل البشرية والاقتصادية إلى جانب عوامل أخرى لها أثرها، وتختلف درجة فشل محصول زراعي بعلي من منطقة إلى أخرى حسب كميات المطر السنوية وتوزيعها الفصلي، فكلما زادت كمية المطر كلما قلت درجة تأثر المحصول بتغير الكمية السنوية، ولذلك نجد أن أكثر المناطق تأثراً بكمية المطر بالنسبة للمحاصيل الشتوية البعلية هي المناطق التي تتلقى أمطاراً سنوية أقل من 250 ملم، حيث تتعرض تلك المناطق في سنوات الجفاف إلى دون نصف معدلها السنوي العام، فبنغازي على سبيل المثال تلقت أمطاراً سنوية قدرها 465ملم في سنة1978 ولم تتلق سوى 105.2ملم في سنة 1958، وهذه الكمية لا تكفي لنجاح زراعة أي محصول مهما قلت متطلباته المناخية، علماً بأنه لا يمكن أن يتحقق إنتاج جيد لمحصول الشعير إلا في الحالات التي تكون فيها كمية المطر أكثر من 200 ملم، وتتوزع بشكل مناسب مع مراحل نمو هذا المحصول، ولما كان الشعير يتطلب كمية من الماء أقل مما يتطلبه القمح، فإن تأثره بانخفاض أو ارتفاع كمية المطر أقل من تأثر القمح، حيث إن محصول الشعير يمكن أن يعطي إنتاجا حتى في المناطق التي تتلقى 200ملم، وخير مثال يبرز الترابط ما بين نجاح محصول الشعير وكمية المطر السنوية، فمنطقةُ درنة مثلاً يبلغ متوسط أمطارها حوالي 264ملم، وهو متوسط هطول يسمح بزراعة هذا المحصول بشكل جيد مابين سنة (1946 ـ 1990)، وأن عدد السنوات التي قل فيها معدل المطر عن 200 ملم بلغ عشر سنوات وبالتالي كان المحصول فيها فاشلاً ، وكان أكثر هذه

السنوات جفافاً سنة 1951، حيث تدنت كمية الأمطار إلى 124.4ملم، وبالتالي انعدمت إنتاجية المحاصيل الزراعية وبخاصة البعلية مثل القمح والشعير.

كما تؤثر كمية المطر السنوية على اجمالي المساحة المزروعة بالمحاصيل البعلية و يبرز عنصر المساحة بشكل واضح في السنوات الغزيرة الأمطار، وهذا ما يمكن تقديره بعد مقارنة مساحة وإنتاج الشعير في موسم عام 1973 مع موسم 1983، فلما كانت المساحة المزروعة شعيراً في عام 1983 حوالي 661.6 ألف هكتار، وجدنا الإنتاج لم يتعد 203 ألف طن، في حين كانت المساحة المزروعة في عام 1973 أقل من ذلك 286.3 ألف هكتار، لكن الإنتاج في هذا العام بلغ 204.5 ألف طن، وهو بذلك يعادل إنتاج سنة 1983.

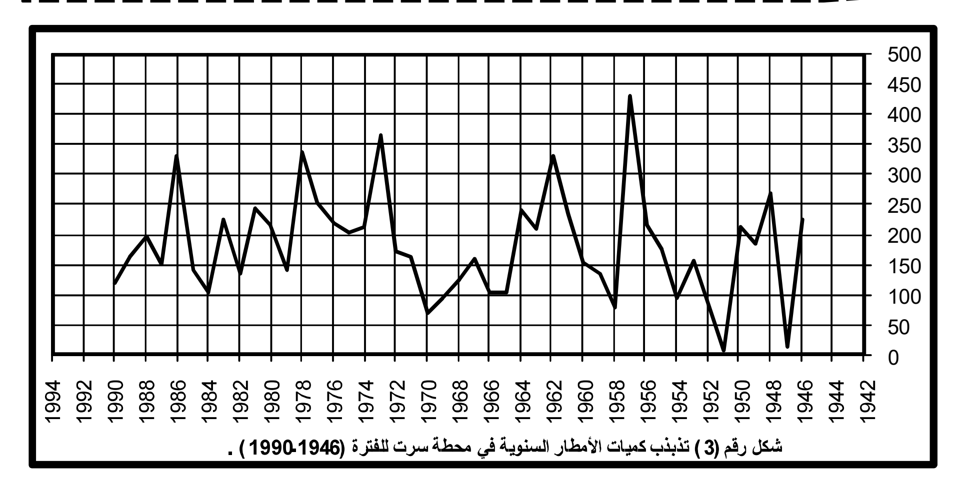


شكل رقم (1)تذبذب كميت الأمطار السنوية في محطة زوارة للفترة (1944-1990).



شكل رقم (2)تنبذب كميات الأمطار السنوية في محطة درنة للفترة (1945-1990) .





شكل رقم (3) تذبذب كميات الأمطار السنوية في محطة سرت للفترة (1946-1990) .

الطرق المتبعة لإنقاذ المزروعات من الجفاف

اتجهت السياسات الزراعية في البلاد إلى توفير مياه الري لاستبعاد آثار الجفاف على إنتاج المحاصيل الزراعية وخاصة القمح والشعير ولو لفترة قصيرة ويمكن إنقاذ المحصول من الهلاك، وذلك من خلال البحث عن مصادر أخرى للمياه، وهناك عدة وسائل لتوفير مياه الري مثل استغلال المياه الجوفية عن طريق حفر الآبار، وإقامة السدود على الأودية لخزن المياه واستخدامها وقت الحاجة أو لرفع منسوب المياه الجوفية، إضافة إلى ذلك يمكن استخدام مياه الصرف الصحي بعد معالجتها لري المحاصيل الزراعية، وهناك وسيلة أخرى لتوفير الماء وهي تحلية مياه البحر، إلا أن هذه الوسيلة مكلفة اقتصادياً لذلك تستخدم في أغراض الشرب فقط.

وتختلف المحاصيل الزراعية فيما تحتاجه كبديل للأمطار، كما هو مبين بالجدول (2) ويلاحظ من الجدول أنَّ أقل المحاصيل حاجة للمياه هي المحاصيل الحقلية، إذ تصل حاجة محصول الشعير والذي يعتبر من أهم المحاصيل البعلية ما بين 200–500ملم والكمية المكافئة لها من 2000–5000م^3/هكتار، بينما نجد

أشجارٌ الحمضيات وهي أعلى المحاصيل حاجة للمياه تحتاج إلى900ملم/سنوياً، والكمية المكافئة لها9000م^3 فأكثر، ولا تتوفر هذه الكمية من مياه الأمطار في المناطق التي تشتهر بزراعة الحمضيات في ليبيا، لذا يتم تعويضها بمياه الري.

وهناك عدة طرق يمكن اتباعها للتغلب على الجفاف والمحافظة على استهلاك المياه في الري، وإن لطريقة الري دوراً كبيراً في تحديد كمية المياه المطلوبة وخاصة في الأشجار المثمرة فمعظم الأشجار المثمرة في ليبيا تروى بطريقة الرش وهذه الطريقة ترتفع فيها نسبة الفاقد من المياه بالتبخر، ويظهر الفرق واضحاً عند النظر في الجدول (3) الذي يبين كميات المياه اللازمة لري بعض أنواع الأشجار المثمرة تحت نظام الري بالرش والري بالتنقيط، فتحتاج أشجار الحمضيات على سبيل المثال إلى10883م^3/هكتار/سنة عند الري بطريقة الرش، في حين لا تحتاج إلا إلى 3466م^3/هكتار/سنة عند الري بطريقة التنقيط، وبذلك فإن هناك فارقاً وقدره7417م^3 بين الطريقتين، ونظراً لما توفره طريقة الري بالتنقيط من مياه فقد أصبحت هذه الطريقة شائعة الانتشار في ليبيا.

جدول (2) كمية المياه المكافئة لكمية الأمطار لبعض المحاصيل.

المحصول	كمية الأمطار اللازمة/ملم		كمية المياه م^3/هكتار مكافئة	
	الدنيا	العظمى	الدنيا	عظمى
القمح	300	500	3000	5000
الشعير	200	500	2000	5000
عدس	350	600	3500	6000
ذرة بيضاء	600	1000	6000	10000
العنب	400	600	4000	6000
حمضيات	900	فأكثر	9000	فأكثر
الزيتون	400	600	4000	6000

المصدر: منصور نصر علي اللوح، آثر المناخ علي الزراعة في الضفة الغربية (رسالة ماجستير) جامعة الدول العربية، معهد البحوث والدراسات العربية، قسم الجغرافيا، 1993، ص115.

ونظراً لنقص مصادر المياه في ليبيا حيث لا تتوفر بها أنهار دائمة الجريان، فهي تعتمد اعتماداً كلياً على مياه الأمطار سواء أكانت سطحية أم جوفية، والاعتماد الأكبر في ري المحاصيل الزراعية على المياه الجوفية، وللمحافظة على المياه الجوفية والاستفادة المباشرة من مياه الأمطار يجب إعادة النظر في زراعة أنواع المحاصيل ومناطق زراعتها، فمن الممكن الاستغناء عن زراعة بعض المحاصيل التي تعد كمالية بالنسبة لغذاء السكان، وأغلبها من المحاصيل الصيفية وخاصة الخضروات كالبطيخ مثلاً.

جدول (3) الاحتياج المائي لبعض المحاصيل باختلاف طرق الري.

المحصول	الاحتياج المائي بطريقة الرش م^3/ هـ/ سنة	الاحتياج المائي بالري بالتنقيط م^3/هـ/ سنة	الفارق
الحمضيات	10883	3466	7417
المشمش	11000	-	-
التفاح	13000	2000	11000
الكمثرى	13000	2000	11000
الخوخ	12000	-	-
البرقوق	12000	-	-
العنب	9000	1000	8000
الرمان	-	2000	-
النخيل	10000	-	-
الزيتون	8000	-	-

المصدر:. جمال القريو (2002) المناخ وآثره علي الزراعة في منطقة سهل الجفارة، رسالة ماجستير، جامعة السابع من ابريل، كلية التربية، قسم الجغرافيا، ص 118.

كما يمكن استبدال أشجار الحمضيات القديمة والقليلة الإنتاج بأشجار جديدة، أو استبدالها بأنواع أخرى أكثر ملائمة للوضع المائي كالتين والعنب والخوخ التي تشتهر بتحملها للجفاف والتي نجحت زراعتها في أغلب مناطق الساحل اعتماداً على مياه الأمطار ودون الحاجة إلى ري تكميلي، وللمحافظة على استهلاك المياه ينصح بزراعة الخضروات تحت الأغطية والبيوت الزجاجية، حيث بالإمكان مضاعفة الإنتاج وتخفيض المساحة المروية وبالتالي تحقيق وفرة في كميات المياه المستغلة، مما ينعكس إيجاباً على الميزان المائي.

وفي بعض المناطق لا يمكن توفير مياه الري إما لأسباب طبيعية أو اقتصادية أو بشرية، ولذا لابد من استغلال ظروف هذه المناطق المطرية بأفضل طريقة، وذلك باستنباط أصناف مقاومة للجفاف وذات موسم نمو قصير وتزرع داخل نطاقها المطري، أو باتباع نظم زراعية معينة كالتبوير وتباعد البذار والأشجار، وهذه الوسائل وإن كانت تتيح الاستغلال الجيد لهذه المناطق وتخفض أثر الجفاف إلا أنها لا تقضي على الذبذبة في الإنتاج والناتجة عن اختلاف الرطوبة المتاحة للنبات من سنة إلى أخرى، وتتبع عدة طرق للتغلب على آثار الجفاف والحد من انتشارها في ليبيا، ومن هذه الطرق:

1- الآبار الجوفية

تمثل المياه الجوفية المصدر الرئيسي للموارد المائية في ليبيا، وتتواجد في عدة خزانات جوفية ضمن أربع أنظمة مائية وهي نظام سهل الجفارة ونظام الجبل الغربي وسوف الجين ونظام الكفرة والسرير، ونظام الجبل الأخضر، ويتم استثمار هذه المياه بواسطة الآبار العادية والارتوازية، ونتيجة للاستغلال المفرط للمياه الجوفية والذي تعدى التغذية الطبيعية السنوية للخزانات الجوفية، مما أدى إلى حدوث اختلال في التوازن المائي، وخاصة للخزانات الجوفية السطحية نتج عنه تداخل مياه البحر على امتداد الشريط الساحلي وبعرض يتراوح ما بين 1 إلى 7 كيلومترات، حيث

يتراوح مجموع الأملاح الذائبة في الآبار المحفورة بالقرب من الشريط الساحلي ما بين 3 إلى 44 جرام/لتر، حيث يعتمد تركيز الأملاح الذائبة على موقع الآبار من خط الساحل والعمق المستغل، كما تعاني الخزانات الجوفية من مشكلة هبوط شديد في منسوبها نتيجة الاستغلال المفرط، فمن خلال بيانات الرصد الدوري لآبار المراقبة المحفورة بمناطق مختلفة من الساحل اتضح أن معظم الآبار سجلت هبوطاً في منسوب المياه يتراوح ما بين 0.5إلى4متر/السنة [10].

ولقد كانت طريقة استثمار الآبار السطحية منتشرة منذ القدم في ليبيا وكان استثمارها يقوم على طرق بدائية، إذ كان يستخدم فيها الحيوان لجلب المياه من أسفل البئر، أما حديثاً ونتيجة لإحساس الفلاح بمخاطر الاعتماد على المطر كمصدر وحيد للري، فقد اتجه كثيرٌ منهم نحو استثمار المياه الجوفية بواسطة آلات الضخ لتعويض النقص في الأمطار، الذي يسبب مشاكل للزراعات البعلية، فالمزارع الليبي مازال يرى في الشعير المحصول الرئيسي الذي لا يمكنه التخلي عنه، لذا نجده يحتاط دائماً من السنوات الجافة، بأن يزرع جزءاً من المحصول في المناطق الممكن ريها فيما لو حدث جفاف، مما يضمن له تأمين جزء من مستلزماته المعيشية السنوية من الشعير.

2- السدود

نظراً لوقوع ليبيا ضمن المناطق الجافة والشبه جافة ، وتذبذب أمطارها من عام لآخر، وعدم وجود مجارٍ مائية دائمة الجريان باستثناء بعض الأودية الموسمية، وانعكسَ كل ذلك على الإنتاج الزراعي، ولذا يستوجب استغلال الأمطار والمياه السطحية عن طريق السدود، وقد تم تقدير كميات مياه الجريان السطحي في ليبيا بحوالي 4.5٪ من الكمية الإجمالية للأمطار، بينما يتوزع الباقي بين التبخر الكلي والتسرب في باطن الأرض، وتتوزع كميات الجريان السطحي بإقليم الساحل الليبي كالآتي:

- وديان السفح الشمالي لجبل نفوسة وقدرت بحوالي 100 مليون متر مكعب في السنة.

- وديان غرب طرابلس قدرت بحوالي 70 مليون متر مكعب في السنة.
- وديان السفح الشمالي للجبل الأخضر قدرت بحوالي 30 مليون متر مكعب في السنة.
- وديان المنطقة الوسطى قدرت بحوالي 112 مليون متر مكعب في السنة(11).

ولقد أقيمت في ليبيا كثيرٌ من السدود الصغيرة والمتوسطة والكبيرة على مجاري الوديان بقصد تجميع وتخزين مياه الأمطار لاستعمالها في أوقت الحاجة، وتنظيم استثمارها لتحقيق هدف أو أكثر من الأهداف الآتية:

- توفير مياه الشرب والزراعة.
- تغذية الخزان الجوفي ورفع كفاءة الآبار.
- الحد من انجراف التربة وتعريتها.

وقد بلغ مجموع السعة التخزينية للسدود المنفذة في ليبيا حوالي 344 مليون متر مكعب، في حين قدر متوسط كميات المياه التي تحجز سنوياً بحوالي 61مليون متر مكعب، ويبلغ عدد السدود المقامة على الوديان في شمال ليبيا حوالي 14 سداً، منها 5 سدود في المنطقة الغربية و4 سدود في المنطقة الوسطى و5 سدود في المنطقة الشرقية من الساحل. كما هو مبين بالجدول (4) وأصغر هذه السدود سد وادي مرقص في منطقة رأس الهلال وسعته التخزينية 0.15مليون متر مكعب، وأكبر السدود سد وادي كعام بمنطقة زليطن وسعته التخزينية 111 مليون متر مكعب، ويتوقع أن يتم إنشاء عدد من السدود الأخرى تبلغ سعتها التخزينية حوالي 214 مليون متر مكعب، موزعة على أنحاء البلاد .

3- النهر الصناعي

تسعى ليبيا كغيرها من بلدان العالم لتسخير إمكاناتها للبحث عن موارد مائية جديدة لزيادة النمو الاقتصادي بتوفير المياه العذبة، وفي الوقت الذي تتوفر فيه كميات هائلة من المياه العذبة في الخزانات الجوفية الواقعة في جنوب البلاد، وقد اتجه الاهتمام

في بادئ الأمر إلى إقامة مشروعات زراعية بالقرب من مصادر تلك المياه في الصحراء، ونظراً لبعد تلك المشروعات عن مراكز الاستهلاك في المدن الكبيرة على الساحل والظروف المناخية الصعبة، تبين عدم جدوى هذه المشروعات اقتصادياً. لذلك رأت الجهات المسؤولة عن التخطيط لاستغلال تلك المياه بشكل اقتصادي ضرورة نقل المياه من الجنوب إلى الساحل بأفضل الوسائل الاقتصادية والعملية لاستثمارها للأغراض المختلفة، ويتكون مشروع النهر الصناعي من خمس مراحل هي:

المرحلة الأولى: منظومة أنابيب نقل المياه من السرير وتازربو إلى سرت.

المرحلة الثانية: منظومة غرب ليبيا لنقل المياه من جنوب غرب الصحراء الليبية إلى طرابلس.

المرحلة الثالثة: توصيلة الكفرة التي سيتم بموجبها تطوير حقول الآبار في الكفرة ونقل مياهها لزيادة سعة منظومة المرحلة الأولى.

المرحلة الرابعة: خط أنابيب من سرت إلى طرابلس لربط منظومة المرحلة الأولى بمنظومة المرحلة الثانية.

المرحلة الخامسة: خط أنابيب لنقل المياه من أجدابيا إلى طبرق.

جدول (4) السدود المنفذة بإقليم الساحل الليبي.

اسم السد	المنطقة	السعة التخزينية (مليون متر مكعب)	متوسط التخزين السنوي (مليون متر مكعب)
سد وادي المجينين	بن غشير	58.00	10.00
سد وادي كعام	زليطن	111.00	13.00
سد وادي لبدة	الخمس	5.20	3.40
سد القطارة الرئيسي	بنغازي	94.00	12.00
سد وادي مرقص	رأس الهلال	0.15	00.15
سد وادي بن جواد	بن جواد	0.34	00.30

سد وادي زازة	العقورية	2.00	00.80
سد وادي درنة	درنة	1.15	01.00
سد وادي أبو منصور	درنة	22.30	02.00
سد وادي تبريت	زليطن	1.60	00.50
سد وادي الذكر	زليطن	1.60	00.50
سد وادي جارف	سرت	2.40	00.30
سد وادي الزهاوية	سرت	2.80	00.70
سد وادي الزيد	سرت	2.60	00.50

المصدر: صالح الأمين الأرباح، الأمن الغذائي، الهيئة القومية للبحث العلمي، 1996، ص367.

وينقل هذا الإنجاز الحضاري لتنمية واستثمار الموارد المائية حوالي 6.1 ملايين متر مكعب من المياه يومياً من الجنوب الصحراوي إلى المناطق الساحلية في الشمال، وذلك بحفر عدد من الآبار الإنتاجية تم تصميمها على هيئة حقول موزعة على بعض الأحواض المائية المتميزة بالإمكانيات المائية الكبيرة المحفوظة في الطبقات الصخرية تحت رمال الصحراء. حيث يتم نقل حوالي 2 مليون متر مكعب من المياه يومياً من منطقة السرير وتازربو، وكذلك نقل حوالي 1.6 مليون متر مكعب يومياً من منطقة الكفرة، أي حوالي 3.6 مليون متر مكعب يومياً من منظومة شرق ليبيا، وسيتم نقل حوالي 2.5 مليون متر مكعب من المياه يومياً من منطقة شرق جبل الحساونة (حوض مرزق) فيما يعرف بمنظومة غرب ليبيا.

4- معالجة مياه الصرف الصحي

يستخدم البحر كمستودع للتخلص من مياه المجاري بمناطق الساحل الليبي، في حين تستخدم الآبار السوداء في المناطق الداخلية، فتسبب تلك المخلفات أضراراً كبيرة بالأحياء البحرية وتلوث المياه الجوفية، ولتفادي هذه المشاكل أو التقليل من

أضرارها والاستفادة من المياه المعالجة في الأغراض الزراعية، ولتحقيق ذلك شرعت البلاد في تنفيذ كثيرٍ من المحطات لمعالجة مياه المجاري بالمدن الساحلية والتجمعات السكنية بدءاً من منتصف الستينات، وقد استخدمت المياه المعالجة في ري مشاريع زراعية أهمها ري مشروع الموازنة الزراعي ببنغازي، وري مشروع الهضبة الخضراء الزراعي بطرابلس، ومن أهم محطات المعالجة بمنطقة الساحل محطة درنة وبنغازي وأجدابيا وطرابلس، وعلى الرغم من ثبوت صلاحية مياه المجاري المعالجة في مجال الإنتاج الزراعي، إلا أن هناك عدة معوقات تقف عقبة في سبيل انتشار استخدامها، ومن هذه المعوقات ارتفاع التكلفة اقتصادياً، إذ لابد من التخلص من المواد الصلبة والأملاح والنترات الموجودة بها، كما أنه إذا أمكن القضاء على الفطريات والبكتيريا وبيض الطفيليات بواسطة الكلورين، فإنه لا يمكن القضاء على الفيروسات ولذا ينصح باستخدام هذه المياه في ري المحاصيل والنباتات التي لا تؤكل طازجة.

ثانياً: الصقيع

يُعَدُّ التطرف في درجات الحرارة من المخاطر الطبيعية على الإنسان والبيئة، فانخفاض درجة الحرارة يؤدي إلى حدوث ما يسمى بالصقيع وينقسم إلى نوعين الصقيع الأبيض والأسود (12).

كما يمكن التمييز بين نوعين من الصقيع اعتماداً على الآلية التي تم بها انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون نقطة تجمد الماء وهما:

1- الصقيع الإشعاعي

يحدث هذا النوع من الصقيع غالباً في فصل الشتاء والربيع، ولكن يغلب حدوثه في فصل الربيع، ولذلك يطلق عليه الصقيع الربيعي.

ولكي يحدث الصقيع الإشعاعي يتطلب ليالي طويلة باردة ومستقرة وجافة إلى حد ما، فلابد أن تكون درجة حرارة الهواء قريبة أصلاً من نقطة التجمد، ولا يتطلب الأمر إلا قليلاً من التبريد الإضافي الذي يوفر استمرار الفقدان الإشعاعي لحرارة سطح الأرض خلال الليل، ويشترط لتكوّن الصقيع الإشعاعي أيضاً أن يتصف الجو بالاستقرار وخلوه من السحب، وبانخفاض الرطوبة النسبية، لأن استقرار الجو يعطي الفرصة الكاملة للتربة ولطبقة الهواء الملامسة لها من أن تنخفض درجة حرارتها إلى نقطة التجمد فيحدث الصقيع، أما في حالة وجود حركة للهواء تعمل على خلط طبقات الهواء الدافئ من أعلى بالهواء البارد الملامس للتربة مما يقلل من فرصة تكون الصقيع، هذا ويعتبر صفاء الجو من الغيوم شرطاً آخر يجب توفره لكي يحدث الصقيع لأنه يضمن استمرار فقدان الإشعاع الأراضيِ طويل الموجه، لكن في حالة وجود غيوم ورطوبة عالية في الجو لا يتكون الصقيع، فالسحب تعمل على عكس الإشعاع الأرضي إلى أسفل، وتترافق هذه الشروط مع حدوث انقلاب حراري سطحي (13).

2- الصقيع المتنقل

يتكون هذا النوع من الصقيع بسبب الانتقال الأفقي للهواء الشديد البرودة الذي تنخفض درجة حرارته إلى ما دون درجة التجمد في منطقة معينة، وبالرغم من أن هذا الصقيع يكون أكثر قوة في ساعات الليل ولا سيما قبيل طلوع الشمس، فإنه يمكن أن يحدث في أي وقت من الليل أو النهار، لأن البرودة تأتي من خارج المنطقة وغير مرتبطة بتبريد سطح الأرض المحلي، وتحدث حالات الصقيع في ليبيا بفصل الشتاء عموماً، ولكن يمكن حدوثها في أوائل الربيع وأواخر الخريف، ولاسيما في المناطق الجبلية، حيث يكون الصقيع أكثر وقوعاً في الأودية لأن الهواء يستقر فيها لفترة مستديمة، وذلك لصعوبة زحزحته أو تبديله بهواء جديد أكثر حرارة. أما السفوح فتكون أقل عرضة لحدوث الصقيع بسبب انسياب الهواء من القمم باتجاه الأودية(14)،

وهناك بعض العوامل المحلية التي تؤثر في حدوث الصقيع في أوقات هبوب كتل هوائية قطبية يمكن تلخيصها فيما يلي:

ـ طبوغرافية السطح

يظهر تأثير هذا العامل في المنطقة الشرقية من الساحل، وذلك لوجود الجبل الأخضر واختلاف المناسيب بين الارتفاع والانخفاض، وبالتالي تكون المناطق المنخفضة كالوديان والأحواض الطبوغرافية أكثر عرضة لحدوث الصقيع من المناطق المرتفعة، حيث ينزلق إليها الهواء البارد مما يؤدي إلى حدوث الصقيع.

ـ رطوبة التربة

لا يحدث الصقيع في التربة الرطبة مثلما يحدث في التربة الجافة، إذ أن ارتفاع رطوبة التربة يزيد من درجة توصيلها الحراري عن طريق استبدال الهواء (موصل ضعيف) بالماء (موصل أفضل) ويزيد كذلك من سعتها الحرارية(15)، ونظراً لانتشار الترب الرملية في أغلب المناطق، وعدم مقدرة هذا النوع من التربة على الاحتفاظ بالماء وبالتالي يزيد احتمال حدوث الصقيع فوق هذا النوع من التربة.

ـ الغطاء النباتي

يعمل الغطاء النباتي على تظليل التربة وخفض كمية الحرارة المخزونة في النهار، فهناك اختلاف في درجة الحرارة بين الأرض المغطاة بالمحاصيل الحقلية والأعشاب والأرض العارية، ولذلك يعمل المزارعون على إزالة الأعشاب من أراضي بساتين الفاكهة للوقاية من حدوث الصقيع، ويحدث الصقيع عندما تعمل الأعشاب تحت الأشجار على منع اختلاط الهواء البارد الراكد بين الأشجار بالهواء الأقل برودة فوق البساتين.

ـ كمية السحب

فمن المعروف أنه كلما كانت السماء صافية زاد فقدان الأرض للحرارة بالإشعاع وازداد تبريد سطحها والعكس صحيح، وبما أن السحب تتميز بقلتها في المنطقة الوسطى من الساحل وكثرتها في المناطق الشرقية والغربية فإن احتمال حدوث الصقيع يزيد في المنطقة الوسطى عنها في المناطق الشرقية والغربية.

ـ سرعة الرياح

يساعد هدوء الرياح في ليبيا خلال الليالي الصافية على حدوث حالات الصقيع، لأن طبقة الهواء تظل ملامسة لسطح الأرض، ونلاحظ أن نسبة السكون في فصل الشتاء تزيد عن باقي الفصول، مما يساعد على حدوث الصقيع في هذا الفصل.

ـ الرطوبة والأمطار

يحول هطول المطر دون الهبوط الشديد في درجات حرارة الأرض وحدوث الصقيع، وتساعد الرطوبة الجوية المرتفعة على حماية المحاصيل من خطر الصقيع، ولذلك تقل فرص حدوث الصقيع في إقليم الساحل بسبب سقوط الأمطار وارتفاع الرطوبة الجوية، والتي تصل إلى حوالي 70٪ وهي تعمل على الاحتفاظ بقدر من الدفء (الحرارة الكامنة في البخار) مما يمنع تدني درجات الحرارة إلى درجة التجمد، ولم يحدث أن انخفضت درجة حرارة الهواء المقاسة على ارتفاع متر ونصف من سطح الأرض إلى ما دون ثلاث درجات مئوية على امتداد الساحل الليبي خلال الفترة الممتدة بين عامي 1996 – 2001، وإن درجة حرارة الهواء الصغرى المسجلة على ارتفاع 1.5متر من سطح الأرض لم تنخفض في شهر يناير إلى درجة الصفر المئوي على طول امتداد الساحل، فقد تراوحت أقل درجة حرارة صغرى بين 3.3 مئوية في زوارة عام 2000 ، وفي درنة 10 درجات مئوية عام 2001، بينما يتراوح متوسط

أقل درجة حرارة صغرى مسجلة في شهر يناير خلال نفس الفترة بين 5.2 درجة مئوية في إجدابيا، 8.9 و درجة مئوية في درنة، ويتبين مما سبق أن إقليم الساحل الليبي لا تحدث فيه حالات الصقيع بشكل كبير وإنما يقتصر حدوثها على بعض السنوات دون غيرها. ففي زوارة على سبيل المثال سجلت فيها أقل درجة حرارة صغرى (-1) درجة مئوية خلال سلسلة زمنية بلغت 30 سنة من (1961ـ 1990)، في حين لم تسجل سرت خلال هذه الفترة أقل من 1درجة مئوية، وسجلت محطة مطار طرابلس -1.3 درجة مئوية، وبذلك فإن انخفاض درجة حرارة الهواء إلى الصفر أو دونه قليلة الحدوث في إقليم الساحل الليبي، ويرجع ذلك إلى موقعها المطل على البحر والذي يعمل بدوره على رفع درجة حرارة الشتاء وخفض حرارة الصيف مقارنة بالمناطق الداخلية والجنوبية من البلاد، بالإضافة إلى ارتفاع الرطوبة الجوية التي تقلل من حدوث الصقيع.

وللتعرف على مدى حدوث الصقيع فعلاً وليس توقعاً يجب أن تقاس درجة حرارة الهواء على سطح التربة، ولا تتوفر تلك القياسات في ليبيا. إلا أن درجات الحرارة على سطح التربة تعرضت في سنوات عديدة إلى الانخفاض لدرجة الصفر المئوي ودونه، فقد تعرضت منطقة طرابلس سنة 1999 إلى انخفاض في درجة الحرارة إلى درجة الصفر ودونه، وتسبب ذلك في حدوث أضرار بالغة بنباتات الصوبة، وقدرت أمانة الزراعة نسبة الضرر ما بين 40٪ إلى 50٪(16).

ونخلص من ذلك إلى أن توقع حدوث الصقيع أمر مؤكد في بعض نطاقات الساحل، فقد حدث أن انخفضت درجة الحرارة الصغرى إلى ما دون الصفر في منطقة زوارة وفي محطة مطار طرابلس، وإن حدوث الصقيع يزيد كلما ابتعدنا عن الساحل باتجاه الجنوب لقلة الرطوبة الجوية.

وتعد البرودة صفة غير عامة أو أساسية من صفات مناخ ليبيا، فعلى أساس المعدلات الشهرية لا يعد هذا المناخ بارداً في أي شهر من شهور السنة، ومع ذلك قد

تسجل في بعض الأيام درجات حرارة فوق الصفر المئوي أو دونه، وهذا لا يحدث على أية حال إلا نادراً، وإن حدث فإنه لا يستمر إلا ساعات محدودة، ويرجع سبب انخفاض درجات الحرارة إلى هذا الحد في أغلب الأحيان إلى وصول تيارات هوائية قطبية من شمال أوراسيا أو شمال المحيط الأطلنطي في مؤخرة أحد المنخفضات الجوية الشتوية التي تعبر البحر المتوسط من الغرب إلى الشرق، وقد يكون سبب الانخفاض الحراري أيضاً هبوط تيارات علوية باردة من أعلى التروبوسفير أثناء العواصف الرعدية(17).

ويؤدي الصقيع إلى حدوث خسائر اقتصادية فادحة في المحاصيل الزراعية والأشجار المثمرة، ويعتبر الصقيع الربيعي أكثر أنواع الصقيع خطرًا على النباتات والمحاصيل الزراعية، وذلك لأنها تأخذ في هذا الفصل نموها وأزهارها، ويختلف مقدار أضرار الصقيع تبعاً لشدته ولوقت حدوثه والمدة التي تبقى فيها الحرارة منخفضة وسرعة انخفاضها أو ارتفاعها بعد ذلك وتبعاً للطور الذي يكون عنده النبات والظروف البيئية الأخرى(18).

ويؤثر الصقيع على المحاصيل الزراعية ويضرها عن طريق سحب الماء من الخلايا إلى الفراغات التي بينها، فيتجمد الماء إلى بلورات ثلجية بين الخلايا أو داخلها، ويتمزق جذرها، ويفقد ما فيها من مادة حيوية وبالتالي يضعف نشاط الخلايا أو خلال التوازن الدقيق للعمليات الحيوية المختلفة التي تحدث بالنبات فتقل بذلك مقدرة المادة الحية بالخلايا على التخلص من المواد السامة التي تنشأ وتتكون في الأنسجة(19). كما يضعف الصقيع مقدرة النبات على امتصاص المياه من التربة ويعرض النبات للذبول والجفاف، ويؤدي تكرار تكون الصقيع وذوبانه في التربة إلى تقطيع جذور النباتات وتخلخلها، وإذا لم يتمكن النبات من تعويض الجذور بمقدار ارتفاع الحرارة فإنه يموت(20).

ويختلف تأثير الصقيع على الأشجار المثمرة فالأشجار القوية أكثر مقاومة لموجات البرد من الأشجار الصغيرة الضعيفة، كما أن الأزهار والثمار الغضة أكثر تأثرا بالصقيع وتليها الثمار الصغيرة ثم الثمار الكبيرة والأوراق البالغة ثم الأفرع والجذوع، ويعد الصقيع الربيعي في ليبيا من أخطر أنواع الصقيع على إنتاج أشجار الفاكهة مثل المشمش، لأنه يأتي في وقت تكون فيه الأشجار قد بدأت في النمو بعد فترة سكون، وتظهر أمراض الصقيع على الثمار والأزهار بقع سوداء، وتصمغ سيقانها وفروعها.

طرق الوقاية من الصقيع

تتبع عدة طرق للوقاية من أضرار الصقيع في ليبيا، ويتوقع المزارعون أوقات تكون الصقيع، وذلك عندما تكون السماء صافية والجو باردًا والرياح ساكنة، وخاصة في فصلي الشتاء والربيع، وهناك عدة وسائل يمكن بواسطتها تلافي خطر الصقيع، أو خفض أضراره إلى أدنى حد ممكن، ومنها على سبيل المثال:

- اختيار الموقع المناسب لزراعة المحصول، بحيث يكون منعزلاً عن الرياح الباردة، كما يجب تحاشي الزراعة في الوديان بالمناطق الجبلية، وينصح بالزراعة على المرتفعات المشرفة على منخفضات كبيرة تسمح بصرف الهواء البارد، وتحمي بذلك النباتات من الصقيع.
- اختيار أنواع وأصناف المحاصيل المناسبة لظروف المنطقة الحرارية، وذلك باختيار الأصناف التي تزهر متأخرة في المناطق التي تتعرض للصقيع الربيعي، وفي المناطق التي تتعرض لحدوث الصقيع الخريفي تختار الأصناف التي تقطف ثمارها قبل حدوثه.
- إعطاء المعاملات الزراعية المناسبة والتي تزيد من قدرة النبات على مقاومة انخفاض الحرارة مثل ما يعرف بالتقسية، وذلك بوضع بذور أو شتلات النبات في درجات حرارة منخفضة، ومن المعاملات الزراعية أيضاً التسميد، فالفسفور مثلاً يزيد من مقاومة القمح والشعير والذرة والملفوف للصقيع(21).

- اتِّباع نظام الزراعة المحمية داخل أغطية بلاستيكية أو زجاجية وخاصة في زراعة محاصيل الخضروات، وهي من أكثر الطرق شيوعاً في ليبيا، ويساهم هذا النوع من الزراعة مساهمة فعالة في الإنتاج الزراعي، وفي توفير المنتجات الزراعية في غير موسمها.
- استخدام مراوح كبيرة تقوم بخلط الهواء الدافئ العلوي مع الهواء البارد السفلي لمنع حدوث الصقيع.
- تحميل نبات على آخر مثل تحميل الفول أو الكرنب على الطماطم، فتحمي نباتات الكرنب التي تتحمل البرد نباتات الطماطم التي تحملها أقل، وبعد نضج الكرنب وحصاده يكمل الطماطم نموه وتكون درجة الحرارة قد ارتفعت بما يناسب نموه.
- استخدام طريقة التدفئة الصناعية، وذلك بإشعال إطارات السيارات، واستخدام الوقود مثل الكيروسين، أو حرق أكوام من القش أو الحطب، وخاصة في بساتين الفاكهة.
- تنظيم عملية الري، فقد ثبت من التجارب التي أجريت في هذا المجال أن النباتات التي تعاني من نقص المياه أكثر عرضة لأضرار الصقيع، والحفاظ على درجة رطوبة مرتفعة في التربة في الليالي المتوقع فيها حدوث الصقيع.
- تغطية النباتات بطبقة غير سميكة من القش في الليالي التي يتوقع فيها حدوث الصقيع، أو التغطية بالستائر البلاستيكية.
- العناية بالعمليات الزراعية مثل تقليم الأشجار وخاصة كروم العنب والتين، وأشجار الزيتون والحمضيات لإتاحة الفرصة لحركة الهواء، وإزالة الأعشاب والحشائش التي تنمو تحت الأشجار، لإتاحة الفرصة لتحرك الهواء.

ثالثاً: رياح القبلي

تعد رياح القبلي أشد الرياح هبوباً، وأكثرها تأثيرًا ، وهي رياح شديدة الجفاف وتؤدي إلى انخفاض الرطوبة النسبية وتزيد من درجة الحرارة بشكل مفاجئ، والقبلي

تسمية محلية تعـني الجنـوب وهـو مصـدر هـذه الريـاح، وكلمـة القبلـي مرادفـة لكلمـة الخماسين في مصر والشهيلي في تونس والجزائر والمغرب، ومن مميزات رياح القبلـي حرارتها المرتفعـة الـتي تصـل إلى 50 درجـة مئويـة، وجفافهـا بسـبب انخفـاض نسـبة الرطوبة الجويـة إلى 3٪، وعـادة مـا تكـون هـذه الريـاح محملـة بالأتربـة والغبـار(22)، ويكون اتجاهها في البداية جنوبي شرقي، ثم يتحـول إلى جنـوبي، وإلى جنـوبي غربـي، وذلك تبعاً لمسار الانخفاض الجوي القادم من الغرب باتجاه الشرق، ويشتد هبوب هذه الرياح أثناء ساعات النهار، وعند غروب الشـمس تتوقـف عـن الهبـوب لتعـود في اليـوم التالي، وتستمر في هبوبها لأكثر من بضع ساعات إلى بضعة أيام(23).

وتهب رياح القبلي في أواخر الربيع وأوائل الصيف، وأوائل الخريـف أحيانـاً، وتعتبر المنخفضات الجوية هي المسؤُولة عن هبوب هذه الرياح، فعند مـرور الجبهـة الدافئة في مقدمة المنخفض تجذب إليها الهواء ذو الضغط المرتفع من الجنـوب علـى شكل رياح جنوبية، وتسبب موجات حر مرتفعة. وبالإضافة إلى ما تسببه هذه الريـاح من مضايقات نفسية للسكان، فإنها تسبب كذلك أضرارًا بالغة الخطورة علـى النباتـات والمحاصيل الزراعية.

و يتفاوت عدد مرات هبوب رياح القبلي على ليبيا، كما تتفـاوت المـدة الـتي يستغرقها كل هبوب، ودرجة الحرارة ونسبة الرطوبة المصاحبة لهـا مـن فصـل لآخـر، حيث يكثر هبوب القبلي في فصل الربيع فتبلـغ نسـبة هبوبـه 60٪، بينمـا تبلـغ هـذه النسبة 26٪في فصل الخريف، في حين تبلـغ نسـبة هبـوب القبلـي في فصـلي الشـتاء والصيف 14٪ (24).

و يؤدي هبوب رياح القبلي إلى رفع درجة الحرارة بحوالي 15 – 20 درجـة مئوية عن متوسطها لتتجاوز الأربعين، بينما تنخفض الرطوبة النسبية إلى 15٪ وربمـا إلى 2٪، ولهذا قد تسجل درجة الحرارة في أبريل ومايو نهاية عظمى أكبر ممـا تصـل إليه في شهري يوليه وأغسطس. فدرجة الحرارة خلال فصل الصيف لا تتعـدى نهايتهـا

العظمى 40 درجة مئوية إلا نادراً، بينما قد تصل إلى أكثر من 45 درجة مئوية، وهذا يعني أحياناً ارتفاعها إلى أكثر من ذلك في أيام القبلي في فصل الربيع.

ويزيد من خطورة رياح القبلي الحارة الجافة على المحاصيل الزراعية تزامن حدوثها مع المرحلتين الحرجتين في حياة المحاصيل البعلية مثل القمح والشعير، وخاصة وإن حدوثها يترافق مع الحرارة المرتفعة، والأمطار القليلة، لا سيما في فصل الربيع.

ولذلك فإن هبوب القبلي في هذا الفصل في غيبة رطوبة كافية في التربة يجفف النباتات بصفة عامة، ويسبب ضمور الحبوب في الشعير والقمح، ويحدث القبلي ضرراً أيضاً عند حدوثه في الخريف أثناء موسم الزراعة أو بعده بقليل، فبالإضافة إلى كونه عاملاً مجففاً للتربة فإنه يجفف النباتات الصغيرة في مراحل نموها الأولي وخاصة إذا ما كانت التربة فقيرة في الماء.

وتسبب رياح القبلي في ارتفاع درجة الحرارة وخفض الرطوبة النسبية في الهواء، مما يؤدي إلى زيادة كمية المياه التي تحتاجها النباتات من جهة، وذبول المحاصيل وموتها أو خفض إنتاجها على أقل تقدير، وكثير ما يحمل هذا النوع من الرياح حبيبات الرمل التي يستخدمها كمعاول لضرب النبات وجرحه أو إسقاط الأزهار والثمار في مراحلها المبكرة. وتعمل هذه الرياح الجافة على اختلال التوازن المائي بالمحاصيل نتيجة لزيادة معدل النتح عن معدل الامتصاص، مما ينشأ عنه ذبول الأجزاء الحديثة ثم جفافها وسقوط الأزهار والثمار الغضة، كما تؤدي إلى اختلال في عملية التلقيح والإخصاب في الأزهار وجفاف حبوب اللقاح وسقوطها.

وتختلف المحاصيل الزراعية من حيث درجة تحملها لدرجات الحرارة المرتفعة من محصول لآخر، فبعض المحاصيل يتأخر نموها عند درجة حرارة 35 درجة مئوية ويتضرر ويموت النبات عندما تصل الحرارة إلى 40 درجة مئوية، وبعضها الآخر يتحمل درجات الحرارة المرتفعة ولايتأثر إلا بالموجات التي ترتفع

فيها الحرارة عن 45 درجة مئوية(25)، ويختلف أثر رياح القبلي على المحاصيل الزراعية باختلاف شدتها وانحرافها عن المعدل وفترة استمرارها.

وتؤدي الرياح الجافة إلى النضج المبكر للثمار قبل موعدها الطبيعي، مما يسبب ضعف النكهة وخفض قيمتها التسويقية، كما تزيد من ظاهرة تساقط يونيو عن المعدل الطبيعي الذي يقوم به النبات.

وقدْ تعرضت ليبيا خلال الفترة من 19–1997/6/22 إلى هبوب رياح القبلي الحارة مما أدى إلى تضرر كثير من المحاصيل الزراعية، وقد قدرت أمانة الزراعة الأضرار في الآتي:

- حدوث أضرار على شتلات الفاكهة بنسبة 10٪، وذلك بفشل عملية نجاح الطعوم وجفاف وموت النموات الحديثة في العقل وقرم الزيتون، وكذلك احتراق الأفرع الحديثة والقمم النامية للأشجار.
- تضررت ثمار الفاكهة بنسبة 10٪ أنّ ارتفاع درجات الحرارة أدى إلى تهتك الخلايا المكونة للثمار مما سبب في نضجها مبكراً وقبل اكتمال النمو بالإضافة إلى تشقق ثمار بعض أنواع الفاكهة نتيجة الري المباشر بعد عملية العطش الشديد.
- قدرت كمية الخسائر في إنتاج الخضروات بنحو 5٪، وخاصة في محاصيل الطماطم والباذنجان والفلفل والخيار والدلاع والشمام وبعض المحاصيل الورقية، وتعد محاصيل الخضروات أكثر المحاصيل الزراعية تأثراً برياح القبلي حيث تتعرض أوراقها للذبول لفقدان الماء من جسم النبات لسرعة عملية النتح أثناء فترات ارتفاع درجة الحرارة التي تسود أثناء هبوب رياح القبلي، ويعد الطماطم أكثر الخضروات تأثراً برياح القبلي، حيث لا تتحمل ثمارها الحرارة المرتفعة.

طرق الوقاية من رياح القبلي

يعكف بعض المزارعين عن مقاومة رياح القبلي لأن فترة هبوبها تتفق مع انتهاء العمليات الزراعية الخاصة بالمحصول الحقلي الشتوي المزروع ووقت الاستعداد لحصاده، إذ يكون المحصول قد اكتمل نضجه تقريباً، الأمر الذي يجعله لا يتأثر بشدة بخصائص القبلي، ولا يصيبه الضرر باستثناء تراكم الأتربة فوقه. وتتعدد طرق مقاومة رياح القبلي للحد من أضرارها ، ومن هذه الطرق ما يلي:

- تقليب التربة بين صفوف المحصول لتهويتها، ومحاولة خفض درجة حرارتها نتيجة لاختلاط حبيباتها السفلى مع الحبيبات العليا المعرضة للهواء الساخن.
- تغطية بعض المحاصيل مثل الطماطم والكوسة في الموسم الصيفي بالقش لحمايتها من أشعة الشمس.
- زرع مصدات للرياح لتقليل الضرر الذي يحدث للمحاصيل الحقلية نتيجة لتعرضها لرياح القبلي.
- ري الأرض ريات استثنائية عندما تتعرض لهبوب رياح القبلي.
- الزراعة على مسافات متقاربة لزيادة الرطوبة وتقليل تأثير التيارات الساخنة إلى حد ما مثل رياح القبلي.
- بناء أسوار أو تعاريش من البوص وجريد النخيل حول الحقول المزروعة بالمحاصيل الحقلية وبحدائق الفاكهة لتقليل أثر الحرارة المرتفعة والهواء الساخن.
- زراعة أشجار الفاكهة الشديدة الحساسية للحرارة المرتفعة تحت ظلال أشجار فاكهة تتحمل الحرارة كالنخيل، ودهان جذوع الأشجار بالجير لتقليل امتصاص أشعة الشمس.

نتائج البحث

تناول البحث تأثير التقلبات المناخية على الزراعة في ليبيا، وخلص إلى عدة نتائج تُبين إنّ المحاصيل الزراعية تتعرض للكثير من الظواهر المناخية الضارة التي تؤثر على نمو وإنتاجية هذه المحاصيل، ومن أهم هذه الأخطار المناخية الجفاف، وتتفاوت المحاصيل الزراعية بمنطقة الدراسة في درجة ملاءمتها لظروف الجفاف، فبالنسبة لمحاصيل الحبوب نلاحظ أن الشعير أكثر المحاصيل التي تزرع في منطقة الدراسة مقاومة للجفاف، وتتعرض المحاصيل الزراعية في منطقة الدراسة إلى فترات جفاف خطيرة، كما حصل في عام 2001 حيث انقطع المطر بالمنطقة الغربية من الساحل لفترة تزيد عن شهرين مما أدى إلى القضاء على معظم محاصيل الحبوب البعلية وخاصة الشعير والقمح، ومن الظواهر المناخية الضارة بالمحاصيل الزراعية أيضاً الصقيع، حيث تتعرض ليبيا إلى موجات برد في فصول الشتاء والخريف والربيع بسبب نشاط الجبهات الباردة المصاحبة للمنخفضات الجوية، وإن حالات الصقيع لا تحدث بشكل كبير وإنما يقتصر حدوثها على بعض السنوات دون غيرها، ففي منطقة زوارة على سبيل المثال سجلت فيها أقل درجة حرارة صغرى وكانت -1 درجة مئوية خلال فترة زمنية بلغت 30 سنة وبذلك فإن انخفاض درجة حرارة الهواء إلى الصفر أو دونه قليلة الحدوث في منطقة الساحل ويرجع ذلك إلى موقعها المطل على البحر والذي يعمل بدوره على رفع حرارة الشتاء. بينما يكثر حدوث الصقيع في المناطق الداخلية والجنوبية. كما تعد رياح القبلي من الظواهر المناخية الضارة بالمحاصيل الزراعية حيث يكثر هبوب القبلي على منطقة الدراسة في فصل الربيع فتبلغ نسبة هبوبه 60٪ بينما تبلغ هذه النسبة 26٪ في فصل الخريف في حين تبلغ نسبة هبوب القبلي في فصلي الشتاء والصيف 14٪ ويزيد من خطورة رياح القبلي

الحارة الجافة على المحاصيل الزراعية تزامن حدوثها مع المرحلتين الحرجتين في حياة المحاصيل البعلية مثل القمح والشعير.

وبعد عرض النتائج التي تم الوصول إليها نشير إلى بعض التوصيات التي يمكن الأخذ بها لزيادة إنتاج المحاصيل الزراعية، وهي كالآتي:

- التوسع في إنشاء محطات الأرصاد الجوية في منطقة الدراسة بهدف دراسة خصائص عناصر المناخ المؤثرة في النشاط الزراعي بشكل إقليمي، ولتمد الدراسات الزراعية ببياناتها مما يسهل تقييم النشاط الزراعي بوجه أمثل، ومع ضرورة القضاء علي مشكلة توقف المحطات عن العمل والاهتمام بقياس درجة حرارة التربة على أعماق مختلفة لأهمية هذه المعلومات في الدراسات الزراعية.
- يجب الاهتمام بتوعية المزارعين بضرورة متابعة تقارير ونشرات الأرصاد الجوية بانتظام لأخذ الاحتياطات اللازمة لحماية المزروعات.
- التأكيد على ضرورة مقاومة رياح القبلي عن طريق التوسع في إنشاء مصدات للرياح حول الحقول الزراعية.
- الحرص على حماية المحاصيل من أخطار موجات الحر بإعطاء ريات استثنائية لتعويض الفاقد من المياه عن طريق النتح والتبخر.
- الحرص على تغطية أشجار الفاكهة الصغيرة بالقش أو الجريد أو البوص وذلك لتدفئتها وحمايتها من الصقيع.
- زراعة أشجار الفاكهة على أبعاد غرس متقاربة لتقليل مرور الهواء الساخن والبارد خلالها، وزراعة أشجار الفاكهة الشديدة الحساسية للحرارة المرتفعة تحت ظلال أشجار فاكهة تتحمل الحرارة كالنخيل.
- التقليل من زراعة المحاصيل ذات الاحتياجات المائية العالية مثل الخضروات الصيفية، والتوسع في زراعة الأشجار المثمرة التي تتميز بتحملها للجفاف كالزيتون ونخيل التمر والعنب واللوز والخوخ.

الهوامش

1. محمد السيد رضوان، أساسيات الزراعة الحقلية، مكتبة الأنجلو المصرية،القاهرة، 1983، ص50.
2. منصور نصر علي اللوح، آثر المناخ علي الزراعة في الضفة الغربية (رسالة ماجستير) جامعة الدول العربية، معهد البحوث والدراسات العربية، قسم الجغرافيا، القاهرة، 1993، ص112.
3. صالح محمد منصور، دراسة تأثير الجفاف علي بعض سلالات وأصناف مختلفة من القمح (رسالة ماجستير) جامعة الفاتح، كلية الزراعة، قسم المحاصيل، طرابلس، 1991، ص3.
4. روبرت وبلانكارد، دليل الحقل والمعلم لعلم أمراض الأشجار، ترجمة: عبد القادر عبد الرواف وآخرون، جامعة عمر المختار، البيضاء، 1992، ص295.
5. محمد السيد رضوان، أساسيات الزراعة الحقلية، مرجع سابق، ص 54.
6. خليفة محمد الطيف، دراسة تأثير معدلات مياه الري علي إنتاجية بعض أصناف القمح (رسالة ماجستير) جامعة الفاتح، كلية الزراعة، قسم التربة والمياه، طرابلس، 1992، ص13.
7. محمد السيد رضوان، أساسيات الزراعة الحقلية، مرجع سابق، ص 55.
8. علاء جابر فتح الله، التصحر في منطقة البطنان بليبيا، رسالة ماجستير، جامعة الدول العربية، معهد البحوث والدراسات العربية، قسم الجغرافيا،القاهرة، 2004، ص53.
9. أمحمد عياد مقيلي، تطرفات الطقس والمناخ: الجزء الثالث، ط ا، دار شموع الثقافة، الزاوية، 2003، ص52.
10. صالح الأمين الأرباح، الأمن الغذائي، ط 1،الهيئة القومية للبحث العلمي، ليبيا، 1996، ص388.
11. المرجع السابق، ص 366.
12. أمحمد عياد مقيلي، مقدمة في الطقس والمناخ، الجامعة المفتوحة: طرابلس، 1993، ص 162.
13. أمحمد عياد مقيلي، تطرفات الطقس والمناخ، مرجع سابق، ص 114.

14. أمحمد عياد مقيلي، مقدمة في الطقس والمناخ، مرجع سابق، ص 166.
15. جبار حسن سلومي وحسام حسن علي، علم البستنة (ترجمة)، جامعة البصرة، العراق، 1981، ص 521.
16. أمانة الزراعة، تقارير قسم المحاصيل، طرابلس: ليبيا .
17. ياسر احمد السيد، المناخ والزراعة، ط 1، دار المعرفة الجامعية، القاهرة، 2004، ص362.
18. إبراهيم موسي محمد الزقرطي، آثر المناخ علي الزارعة في الضفة الشرقية للأردن (رسالة ماجستير) جامعة القاهرة، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، القاهرة، 1978، ص 245.
19. محمد السيد رضوان، أساسيات الزراعة الحقلية، مرجع سابق، ص 64.
20. محمد محمود إبراهيم، جغرافية الزراعة تحليل في التنظيم المكاني، ط 2، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، 1995، ص260.
21. إبراهيم موسي محمد الزقرطي، آثر المناخ علي الزارعة في الضفة الشرقية للأردن، مرجع سابق، ص .
22. خيري الصغير، محاصيل الحقل، جامعة الفاتح: طرابلس، 1986، ص 31.
23. رجب مفتاح علي، التدهور البيئي في شمال غرب الجفارة بليبيا: مؤثراته وإمكانية علاجه (رسالة ماجستير) جامعة الفاتح، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، طرابلس، 2000، ص 91.
24. خيري الصغير، محاصيل الحقل، مرجع سابق، ص32.
25. داليا مصطفي عبد الجواد، المناخ وآثره علي الزراعة في محافظة الفيوم (رسالة ماجستير) جامعة القاهرة، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، القاهرة، 2004، ص 374.